Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Göttingen
Direktor: Prof. Dr. H. Rebel.

STANFORD UNIVERSITY
JAN
16
1939
LIBRARY

Versuche über Korrosionsfestigkeit des nichtrostenden Stahls „Wipla"

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Medizinischen Fakultät
der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von
Ewald Stahl
Zahnarzt
aus Essen a. d. Ruhr

Göttingen 1937

Buchdruckerei Martin Saß & Co., Göttingen.

Um die „Goldersatzlegierungen" den edlen Goldlegierungen gegenüber stellen zu können, müssen folgende Punkte berücksichtigt werden:

I. Kosmetische Eigenschaften,
II. Mechanische Eigenschaften,
III. Chemisches Verhalten.

Zu Punkt eins kann man bemerken, daß die Goldlegierungen der Kosmetik wohl ebenso wenig gerecht werden, wie die Ersatzlegierungen, die gewöhnlich weißliche Färbung aufweisen. Von praktischer Bedeutung ist diese Frage auch wohl nur dann, wenn es sich um einen Ersatz im Frontzahnbereich handelt; man kann sie oft umgehen, oder wird gar nicht erst auf sie stoßen, wenn im Bereich der Frontzähne ein kombinierter Ersatz von Porzellan und Metall angewandt wird.

Was die mechanische Eigenschaft anbelangt, so können wir hier nur allgemeine Gesichtspunkte erörtern; es würde aus dem Rahmen dieser Arbeit fallen, auch nur annähernd erschöpfend diese Frage zu behandeln. Da aber Punkt zwei und drei so eng ineinander greifen, ist es notwendig, zum Verständnis des Folgenden, auch hierüber einige grundlegende Feststellungen zu machen.

Je nach der Art der Verwendung müssen an die Legierungen der zahnärztlichen Prothetik verschiedenste Forderungen gestellt werden. Neben der Härte (Kantenfestigkeit), der Elastizität, der Biegefestigkeit, erwarten wir Hämmerbarkeit, Ziehbarkeit, Walzbarkeit, Gußfähigkeit, Lötbarkeit und daneben geringe Formveränderungen beim Verarbeiten.

Das chemische Verhalten der Dentallegierungen dürfte wohl den ausschlaggebenden Punkt ob ihrer Brauchbarkeit darstellen. Das chemische Verhalten ist abhängig von der Stellung der Legierungskomponenten in der elektrolytischen Spannungsreihe, von

dem metallurgischen Aufbau der Legierung und dem Lösungsmittel; bei unseren Dentallegierungen also von dem Charakter des Speichels. Befinden sich im Munde zwei verschiedene Metalle, so wird zwischen diesen bei schwach saurem Charakter des Speichels eine elektrolytische Spannungsdifferenz bestehen. Um diese auszugleichen werden die Metalle je nach ihrer Spannung Kationen oder Anionen in den Elektrolyten senden und diese werden zum negativen Pol wandern. Eins der beiden Metalle würde nachher beschlagen aussehen, das andere würde blank aussehen. Es handelt sich hierbei um das Prinzip des galvanischen Elementes. Diesen Vorgang bezeichnen wir als Korrosion (Schoenbeck).

Die mechanischen und chemischen Eigenschaften eines Metalls bzw. einer Legierung sind also ausschlaggebend für die Brauchbarkeit in der zahnärztlichen Prothetik. Nach diesem Gesichtspunkt müssen natürlich sämtliche „Goldersatzlegierungen" gewählt werden.

Als Ersatzstoffe für die bisher üblichen Goldlegierungen stehen uns zur Verfügung:

I. Edelmetallegierungen,
II. Unedelmetallegierungen.

I. Diese Legierungen haben als Hauptbestandteile Edelmetalle, meist Palladium und Silber, ohne in der Regel auf einen bestimmten Goldgehalt dabei ganz zu verzichten. Sie stellen keine Ersatzstoffe im gewöhnlichen Sinne dar, da es sich um wirkliche Edelmetalle handelt; sie werden besser als „Spargolde" bezeichnet. Diese Gold-Palladium-Silber-Legierungen sind unter den verschiedensten Namen im Handel erschienen (Palliag, Alba, Econor, Pedagan usw.). Je nach der Verwendung werden von den einzelnen Firmen verschiedene Legierungen geliefert. Sie alle haben den Vorzug der leichten Verarbeitungsmöglichkeit, sie sind prägbar, gießbar, lötbar und vergütbar; durch ihren Zusatz von Palladium, das zur Platingruppe gehört, besitzen diese Legierungen hohe mechanische Qualitäten und erhöhte Anlaufbeständigkeit.

II. Die unedlen Legierungen, die eigentlichen Ersatzmetalle, sind aufgebaut auf der Basis Zinn, Antimon, Aluminium, Messing, Chrom-Nickel, Chrom-Kobald und Chrom-Nickel-Eisen. Zinn,

Antimon und ihre Legierungen kommen wegen ihrer Unlötbarkeit und wegen ihrer geringen Festigkeit wohl nur für Gußzwecke in Betracht. Sie werden heute kaum noch verwendet, höchstens da, wo sie einer mechanischen Beanspruchung kaum unterliegen. Ihre eingeschränkte Verwendbarkeit ist nicht zuletzt in chemisch-biologischen Tatsachen begründet.

Kupfer-Messing-Legierungen, wie Randolf, Viktoriametall, Kosmos u. a., zeigen gegenüber den Zinn-Antimon-Legierungen in mechanischer Hinsicht einige Vorteile: Walzbarkeit, Lötbarkeit. Doch müssen auch sie wegen ihrer geringen Mundbeständigkeit abgelehnt werden. Untersuchungen über diese Legierungen haben ergeben, daß sie wegen ihres ungünstigen Verhaltens in elektrolytischer Hinsicht, und demgemäß wegen ihrer Giftigkeit unbrauchbar sind. Sie enthalten alle Spuren von Bleisalzen.

Als unedle Legierungen kommen den rostfreien Stählen, die seit etwa einem Jahrzehnt, wenn auch anfangs in etwas anderer Zusammensetzung als heute, in der zahnärztlichen Prothetik Aufnahme gefunden haben, Bedeutung zu. Es sind dieses in der Hauptsache der V_2 A-Stahl der Firma Krupp, das Contracid der Heraeus Vakuumschmelze und neuerdings das Vitallium der Austenal-Laboratorien in New-York.

Der von Krupp herausgegebene Edelstahl V_2 A, den Hauptmeyer unter dem Namen Wipla in die Zahnheilkunde einführte, fand in der Praxis begeisterte Anhänger, aber auch Gegner.

„Wipla" stellt eine unedle Legierung von Eisen, Chrom, Nickel und Kohlenstoff dar, also einen Chrom-Nickelstahl, dessen Analyse wie folgt angegeben wird: 18% Chrom, 8% Nickel, 0,05% Kohlenstoff und 73,85% Eisen. Das spezifische Gewicht beträgt 7,85. Hinsichtlich seiner chemischen Eigenschaften, wie auch der mechanischen Beanspruchung hat der rostfreie Stahl brauchbare Resultate gezeigt. Er wird in praxi hauptsächlich zu Gaumenplatten, Bügelstücken, einzelnen Klammern und neuerdings auch zu orthodontischen Apparaturen verwendet. Ausschlaggebend hierfür sind seine sehr große Härte und Elastizität. Hauptmeyer (3.) gibt z. B. das Tiefziehvermögen des Wipla-Metalls mit 4,5 mm an, während eine Gold-Platin-Legierung nur ein solches von etwa 2,8 mm aufweist.

Die chemischen Eigenschaften einer Legierung stehen, wie bereits erwähnt, in einem gewissen Zusammenhang mit ihrer inneren Struktur. Vorbedingung für die Mundbeständigkeit eines Metalls ist die Homogenität seiner Kristalle, einer Legierung die Homogenität ihrer Mischkristalle. Ein heterogenes Gefüge wird, besonders bei unedlen Legierungen, deren Komponenten in der elektrolytischen Spannungsreihe vielleicht weit voneinander stehen, stets interkristalline Korrosion zur Folge haben. Um also eine Mundbeständigkeit des Wipla-Metalls erreichen zu können, muß es vollkommen homogenisiert werden, was bei einer Temperatur von 1160 Grad erreicht werden kann. Der Stahl muß stets in abgeschrecktem Zustand verwendet werden.

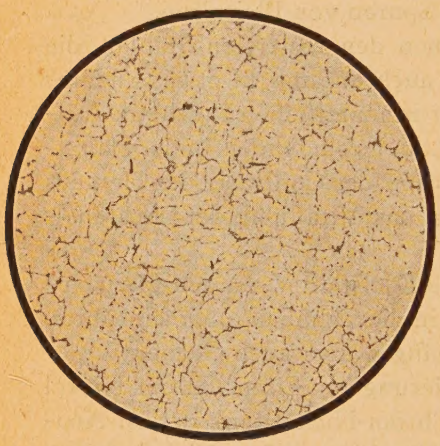

Abb. 1, 50fache Vergrößerung

Abb. 2, 250fache Vergrößerung

Die Firma Krupp stellte mir bereitwilligst zwei Schliffbilder zur Verfügung, die das Wipla-Metall in 50facher und in 250facher Vergrößerung darstellen. Die einzelnen ziemlich grobkörnigen Kristallite sind durch feine Korngrenzen getrennt. Es handelt sich hier um ein homogenes Gefüge, auch austenitisch genannt. Bei tieferen als oben angegeben Temperaturen, im „kritischen Temperaturbereich", zerfällt dieses Gefüge, es scheiden sich Karbide aus, die die scharfen Korngrenzen verschwinden lassen. Eine solche

Legierung ist unbrauchbar, sie zeigt nicht nur Mängel chemischer, sondern auch mechanischer Natur.

Im folgenden wollen wir die brauchbaren Legierungen in Bezug auf ihre Vor- und Nachteile einander gegenüberstellen, und zwar die Goldlegierungen, die „Spargolde" und die unedlen Legierungen (Wipla). Folgende Punkte sind dabei zu berücksichtigen: Verarbeitbarkeit, Vergütbarkeit, mechanische Eigenschaften und Mundbeständigkeit.

Bezüglich der Verarbeitbarkeit stehen die Goldlegierungen an erster Stelle. Sie haben ebenso wie die „Spargolde" einen nicht zu hohen Schmelzpunkt. Neben der Höhe des Schmelzpunktes, der Schwindung und Lunkerbildung sind für die Güte eines Gusses ausschlaggebend der Viskositätsgrad der Schmelze und das Absorptionsvermögen zu Gasen. Wipla zeigt starke Schwindung, Lunkerbildung und hat außerdem eine zähflüssige Schmelze. Die Schrumpfung zeigt beinahe das Doppelte der der Goldlegierungen. Wegen des hohen Schmelzpunktes und des Absorptionsvermögens zu Gasen ist zum Gießen des nichtrostenden Stahls eine teure Spezialapparatur erforderlich.

Goldlegierungen lassen sich ohne besondere Schwierigkeiten löten, ebenfalls die „Spargoldlegierungen", Stahl dagegen nur unter Schwierigkeiten, Wipla ist zwar lötbar, doch besteht die Gefahr des Kornzerfalls an der Lötstelle; dadurch büßt diese Stelle an Mundbeständigkeit und Elastizität ein, weil ein nachträgliches Vergüten, wie es bei Gold- und Gold-Silber-Palladium-Legierungen möglich ist, erfolglos ist. Für die Verbindung von Wipla zu Wipla ist die Schweißung die bessere Lösung. Die durch die Erhitzung hervorgerufene Gefügeveränderung ist durch nachträgliches vorschriftsmäßiges Ausglühen wieder zu beseitigen.

Bei der Beurteilung der mechanischen Eigenschaften der Metalle sind Elastizität, Härte und Festigkeit ausschlaggebend.

Die moderne Orthodontie fordert Werkstoffe von großen Elastizitätsgrenzen. Hier sind die Spezialgolde wohl kaum zu verdrängen. Bei der Herstellung von Regulierungsapparaten treten an den Lötstellen Elastizitätsverminderungen auf, die sich bei Gold und z. T. auch bei „Ersatzlegierungen" wieder beseitigen lassen, nicht aber bei rostfreiem Stahl trotz seiner hohen Elastizität.

. Im Hinblick auf die Festigkeit steht das Wipla-Metall den gebräuchlichen Goldlegierungen und den „Spargolden" voran, auch ist es härter als diese.

Die Mundbeständigkeit der Goldlegierungen steht außer Zweifel, aber auch die der richtig verarbeiteten edlen „Ersatzlegierungen" ist relativ gut, das Gleiche gilt von der einzigen unedlen „Ersatzlegierung", dem Wipla.

Aus diesen Gegenüberstellungen erhellt folgendes: Das Gold und seine Legierungen ist durch keine andere Legierung zu ersetzen, weil es nicht bedingt anwendbar ist. Es gibt Legierungen, die man als brauchbaren Ersatz für Gold bezeichnen kann.

Der Zweck meiner im Folgenden beschriebenen Untersuchungen ist der, eine Lücke zu schließen bezüglich der Eigenschaften des Stahls „Wipla" und zwar das chemische Verhalten dieser Legierung im Munde festzustellen. Die bisherige Annahme der Korrosionsfestigkeit dieses Materials beruht wohl mehr auf groben Beobachtungen, als auf genauen systematischen Untersuchungen.

Versuchsanordnung:

Um eine genaue Beantwortung der Frage der Korrosionsbeständigkeit zu ermöglichen, wurden Dauerversuche unternommen. Es wurde bei den Versuchen nicht etwa mit stark ätzenden Säuren gearbeitet, sondern mit Elektrolyten, die eine gewisse Angleichung der Experimente an die Wirklichkeit ermöglichen. Dieselben Elektlyte wurden verwendet, die Weikart bei ähnlichen Versuchen benutzte.

I. 1% Acidum lacticum,
II. 1% Acid. lact. und 0,25% NaCl,
III. 0,5% Natriumbicarbonat.

Die Versuchsdauer betrug 63 Tage. Das zu untersuchende Material wurde dem Elektrolyten jeweils sieben Tage ausgesetzt, wurde dann in destilliertem Wasser sorgfältig gespült und drei Tage in einem Exsikator zum Trocknen aufbewahrt. Darauf wurde das Material sorgfältig gewogen. Die Wägungen erfolgten auf einer Mikrowaage im Göttinger zahnärztlichen Institut, und zwar sämtlich in den Nachtstunden, um falschen Ergebnissen, durch Er-

schütterungen hervorgerufen, vorzubeugen. Die reproduzierbare Genauigkeit der Wägungen auf dieser Waage beträgt nach Lorenz und Bergheimer 0,001 bis 0,002 mg. Die Wägungen selber gingen wie bei jeder Analysenwaage vor sich. Dieser Vorgang wurde bei jedem zu untersuchenden Material neunmal vorgenommen. Um große Genauigkeit zu erreichen, wurde jeder Versuch dreimal durchgeführt und aus den um ein Geringes voneinander abweichenden Resultaten der Durchschnitt berechnet und ausgewertet.

Die Berechnungen erfolgten in der Weise, daß zunächst aus den einzelnen Gewichtsdifferenzen die Gesamtgewichtszunahme der drei Metallkörper, also über die ganze Versuchsdauer von 63 Tagen festgestellt wurde, die sich aus der Addition dieser Werte ergab. Darauf wurde aus den drei gefundenen Werten der Durchschnitt der Gesamtgewichtszunahme festgestellt und für sieben Tage umgerechnet. Die Gewichtszunahme in sieben Tagen, bezogen auf die Ausgangsgewichte der untersuchten Metalle, ergaben die durchschnittliche Gewichtszunahme pro Gramm und Woche. Die Oberflächen ließen sich errechnen aus dem Inhalt des Körpers, dem Gewicht und dem spezifischen Gewicht.

Untersucht wurden:

I. Proben aus Wipla-Guß und zwar in Kugelform von 8—10 mm Durchmesser. Der Guß wurde geglüht und gebeizt, ein Teil der Kugeln wurde poliert, ein Teil wurde unpoliert, d. h. roh untersucht.

II. Proben aus warmgewalztem Wipla-Metall, auch in Form von Kugeln derselben Größe. Die Kugeln wurden aus vorher bei 1180 Grad geglühtem Stangenmaterial herausgedreht, auf der Drehbank geglättet und poliert.

III. Proben aus kaltgewalztem Blechmaterial, dessen Form quadratisch war und eine Stärke von 0,4 mm hatte. Die Oberfläche der Bleche war so gewählt, daß sie mit der der Kugeln etwa übereinstimmte. Die Bleche wurden auch poliert und unpoliert untersucht.

Erste Versuchsreihe.

(Acidum lacticum.)

A. Gegossene polierte Wipla-Kugeln in acid. lact.

	I. Kugel	II. Kugel	III. Kugel
1.	3,5212899 g	3,9870180 g	3,6752387 g
2.	3,5212943 g	3,9870833 g	3,6752764 g
3.	3,5213402 g	3,9871234 g	3,6753241 g
4.	3,5213805 g	3,9871897 g	3,6753703 g
5.	3,5214140 g	3,9872465 g	3,6753985 g
6.	3,5214790 g	3,9872932 g	3,6754344 g
7.	3,5215370 g	3,9873348 g	3,6754928 g
8.	3,5215897 g	3,9873862 g	3,6755216 g
9.	3,5216469 g	3,9874471 g	3,6755545 g
10.	3,5216936 g	3,9874984 g	3,6755846 g

Aus diesen Werten ergibt sich die Gewichtsdifferenz von Wägung zu Wägung:

a)	0,0000044 g	0,0000653 g	0,0000377 g
b)	0,0000459 g	0,0000401 g	0,0000477 g
c)	0,0000403 g	0,0000663 g	0,0000462 g
d)	0,0000335 g	0,0000566 g	0,0000282 g
e)	0,0000650 g	0,0000467 g	0,0000449 g
f)	0,0000580 g	0,0000416 g	0,0000494 g
g)	0,0000527 g	0,0000524 g	0,0900288 g
h)	0,0000572 g	0,0000609 g	0,0000329 g
i)	0,0000437 g	0,0000513 g	0,0000301 g

Deren Summe stellt jeweils die Gesamtgewichtszunahme also in $9 \times 7 = 63$ Tagen dar:

I. 0,0004037 g
II. 0,0004804 g
III. 0,0003459 g

Aus diesen für die drei Kugeln gefundenen Werten läßt sich die durchschnittliche Gewichtszunahme berechnen:

in 63 Tagen = 0,0004100 g
in 7 Tagen = 0,0000455 g

Beziehen wir dieses Resultat auf die Ausgangsgewichte der drei Kugeln, so ergibt sich die Gewichtszunahme pro Gramm und Woche

I. 0,0000127 g
II. 0,0000113 g
III. 0,0000122 g

und daraus die durchschnittliche Gewichtszunahme pro Gramm und Woche:

0,0000121 g = 0,00121 %.

Im vorigen errechneten wir die durchschnittliche Gewichtszunahme pro Gramm und Woche. Da die Kugel, ebenso wie ein quadratisches Stück Blech von bekannter Stärke (s. spätere Versuche), mathematisch genau begrenzte Körper sind, können wir ihr Verhalten in unseren Lösungen, auf eine Gewichtsnorm (1 g) umgerechnet, oberflächlich miteinander vergleichen. Gerecht werden wir den Resultaten erst dann, wenn wir sie auf die Oberfläche beziehen. Dann entsteht folgendes Bild:

	Oberfläche:	Gesamtgewichts-zunahme:	Gewichtszunahme pro qcm:
Kugel 1	284 qmm	0,0004037 g	0,0001393 g
Kugel 2	299 qmm	0,0004804 g	0,0001606 g
Kugel 3	289 qmm	0,0003459 g	0,0001196 g

Folglich beträgt die durchschnittliche Gewichtszunahme pro qcm

in 63 Tagen = 0,0001398 g
in 7 Tagen = 0,0000155 g.

B. Polierte warmgewalzte Wipla-Kugeln in acid. lact.

	I. Kugel	II. Kugel	III. Kugel
1.	4,5382270 g	4,2455106 g	4,3278020 g
2.	4,5382393 g	4,2455253 g	4,3278246 g
3.	4,5382490 g	4,2455387 g	4,3278349 g
4.	4,5382583 g	4,2455512 g	4,3278487 g
5.	4,5382667 g	4,2455628 g	4,3278571 g
6.	4,5382774 g	4,2455744 g	4,3278685 g
7.	4,5382835 g	4,2455823 g	4,3278793 g
8.	4,5382916 g	4,2455907 g	4,3278914 g
9.	4,5382993 g	4,2455998 g	4,3279116 g
10.	4,5383071 g	4,2456112 g	4,3279237 g

Gewichtsdifferenz von Wägung zu Wägung:

a)	0,0000123 g	0,0000147 g	0,0000226 g
b)	0,0000097 g	0,0000134 g	0,0000103 g
c)	0,0000093 g	0,0000125 g	0,0000138 g
d)	0,0000084 g	0,0000116 g	0,0000084 g
e)	0,0000107 g	0,0000116 g	0,0000114 g
f)	0,0000061 g	0,0000079 g	0,0000108 g
g)	0,0000081 g	0,0000084 g	0,0000121 g
h)	0,0000077 g	0,0000091 g	0,0000202 g
i)	0,0000078 g	0,0000114 g	0,0000121 g

Gesamtgewichtszunahme:

I. 0,0000801 g II. 0,0001006 g III. 0,0001217 g

Durchschnittliche Gewichtszunahme:

in 63 Tagen = 0,0001008 g in 7 Tagen = 0,0000112 g

Gewichtszunahme pro Gramm und Woche:

I. 0,0000024 g II. 0,0000026 g III. 0,0000025 g

Durchschnittliche Gewichtszunahme pro Gramm und Woche:

0,0000025 g = 0,00025 %

	Oberfläche:	Gesamtgewichts-zunahme:	Gewichtszunahme pro qcm:
Kugel 1	329 qmm	0,0000801 g	0,0000238 g
Kugel 2	311 qmm	0,0001006 g	0.0000323 g
Kugel 3	315 qmm	0,0001217 g	0,0000386 g

Die durchschnittliche Gewichtszunahme pro qcm beträgt:

in 63 Tagen = 0,0000316 g in 7 Tagen = 0,0000035 g

C. Poliertes Wipla-Blech in acidum lacticum.

	I. Blech	II. Blech	III. Blech
1.	0,4870245 g	0,4851501 g	0,4993638 g
2.	0,4870323 g	0,4851582 g	0,4993710 g
3.	0,4870403 g	0,4851644 g	0,4993796 g
4.	0,4870487 g	0,4851709 g	0,4993865 g
5.	0,4870546 g	0,4851874 g	0,4993942 g
6.	0,4870612 g	0,4851852 g	0,4993989 g
7.	0,4870682 g	0,4851916 g	0,4994163 g
8.	0,4870751 g	0,4851987 g	0,4994244 g
9.	0,4870824 g	0,4852058 g	0,4994315 g
10.	0,4870895 g	0,4852132 g	0,4994397 g

Gewichtsdifferenz von Wägung zu Wägung:

a)	0,0000078 g	0,0000081 g	0,0000072 g
b)	0,0000080 g	0,0000062 g	0,0000086 g
c)	0,0000084 g	0,0000065 g	0,0000069 g
d)	0,0000059 g	0,0000085 g	0,0000077 g
e)	0,0000066 g	0,0000068 g	0,0000139 g
f)	0,0000070 g	0,0000064 g	0,0000082 g
g)	0,0000069 g	0,0000071 g	0,0000081 g
h)	0,0000073 g	0,0000071 g	0,0000082 g

Gewichtszunahme:

I. 0,0000650 g II. 0,0000631 g III. 0,0000759 g

Durchschnittliche Gewichtszunahme:

in 63 Tagen = 0,0000680 g in 7 Tagen = 0,0000075 g

Gewichtszunahme pro Gramm und Woche:

I. 0,0000151 g II. 0,0000155 g III. 0,0000150 g

Durchschnittliche Gewichtszunahme pro Gramm und Woche:

0,0000152 g = 0,00152 %

	Oberfläche:	Gesamtgewichts-zunahme:	Gewichtszunahme pro qcm:
Blech 1	316 qmm	0,0000650 g	0,0000206 g
Blech 2	316 qmm	0,0000631 g	0,0000199 g
Blech 3	317 qmm	0,0000759 g	0,0000239 g

Die durchschnittliche Gewichtszunahme pro qcm beträgt:

in 63 Tagen = 0,0000215 g in 7 Tagen = 0,0000024 g

D. Rohe Gußkugeln in acidum lacticum.

	I. Kugel	II. Kugel	III. Kugel
1.	3,4432521 g	3,4621324 g	3,3293278 g
2.	3,4432997 g	3,4621981 g	3,3293835 g
3.	3,4433535 g	3,4622643 g	3,3294325 g
4.	3,4434124 g	3,4623372 g	3,3294803 g
5.	3,4434869 g	3,4623968 g	3,3295387 g
6.	3,4435453 g	3,4624587 g	3,3295781 g
7.	3,4435982 g	3,4624816 g	3,3296162 g
8.	3,4436575 g	3,4625682 g	3,3296729 g
9.	3,4436984 g	3,4626289 g	3,3297280 g
10.	3,4437432 g	3,4626880 g	3,3297995 g

Gewichtsdifferenz von Wägung zu Wägung:

a)	0,0000476 g	0,0000657 g	0,0000557 g
b)	0,0000538 g	0,0000662 g	0,0000490 g
c)	0,0000589 g	0,0000729 g	0,0000478 g
d)	0,0000745 g	0,0000596 g	0,0000584 g
e)	0,0000584 g	0,0000619 g	0,0000394 g
f)	0,0000529 g	0,0000229 g	0,0000380 g
g)	0,0000593 g	0,0000866 g	0,0000667 g
h)	0,0000319 g	0,0000607 g	0,0000551 g
i)	0,0000538 g	0,0000591 g	0,0000715 g

Gesamtgewichtszunahme:

I. 0,0004911 g II. 0,0005556 g III. 0,0004717 g

Durchschnittliche Gewichtszunahme:

in 63 Tagen = 0,0005061 g in 7 Tagen = 0,0000562 g

Gewichtszunahme pro Gramm und Woche:

I. 0,0000163 g II. 0,0000162 g III. 0,0000169 g

Durchschnittliche Gewichtszunahme pro Gramm und Woche:

0,0000165 g = 0,00165 %

	Oberfläche:	Gesamtgewichts-zunahme:	Gewichtszunahme pro qcm:
Kugel 1	277 qmm	0,0004911 g	0,0001773 g
Kugel 2	279 qmm	0,0005556 g	0,0001989 g
Kugel 3	272 qmm	0,0004717 g	0,0001734 g

Die durchschnittliche Gewichtszunahme pro qcm beträgt:

in 63 Tagen = 0,0001832 g in 7 Tagen = 0,0000204 g

E. Rohes Wipla-Blech in acidum lacticum.

	I. Blech	II. Blech	III. Blech
1.	0,4511745 g	0,4673135 g	0,4494426 g
2.	0,4511863 g	0,4673270 g	0,4494567 g
3.	0,4511952 g	0,4673412 g	0,4494681 g
4.	0,4512041 g	0,4673546 g	0,4494792 g
5.	0,4512197 g	0,4673693 g	0,4494856 g
6.	0,4512311 g	0,4673822 g	0,4494921 g
7.	0,4512434 g	0,4673946 g	0,4495083 g
8.	0,4512568 g	0,4674114 g	0,4495212 g
9.	0,4512675 g	0,4674283 g	0,4495314 g
10.	0,4512781 g	0,4674395 g	0,4495426 g

Gewichtsdifferenz von Wägung zu Wägung:

a)	0,0000118 g	0,0000135 g	0,0000141 g
b)	0,0000089 g	0,0000142 g	0,0000144 g
c)	0,0000089 g	0,0000134 g	0,0000111 g
d)	0,0000156 g	0,0000147 g	0,0000064 g
e)	0,0000114 g	0,0000129 g	0,0000065 g
f)	0,0000123 g	0,0000124 g	0,0000162 g
g)	0,0000134 g	0,0000168 g	0,0000129 g
h)	0,0000107 g	0,0000169 g	0,0000112 g

Gesamtgewichtszunahme:

I. 0,0001036 g II. 0,0001260 g III. 0,0001000 g

Durchschnittliche Gewichtszunahme:

in 63 Tagen = 0,0001079 g in 7 Tagen = 0,0000119 g

Gewichtszunahme pro Gramm und Woche:

I. 0,0000264 g II. 0,0000252 g III. 0,0000265 g

Durchschnittliche Gewichtszunahme pro Gramm und Woche:

0,0000260 g = 0,00260 %

	Oberfläche:	Gesamtgewichts-zunahme:	Gewichtszunahme pro qcm:
Blech 1	315 qmm	0,0001036 g	0,0000329 g
Blech 2	315 qmm	0,0001260 g	0,0000400 g
Blech 3	315 qmm	0,0001000 g	0,0000317 g

Die durchschnittliche Gewichtszunahme pro qcm beträgt:

in 63 Tagen = 0,0000349 g in 7 Tagen = 0,0000039 g

Zweite Versuchsreihe.

(Natriumbicarbonat.)

A. Polierte gegossene Kugeln in Natriumbicarbonat.

	I. Kugel	II. Kugel	III. Kugel
1.	3,5171150 g	3,5376152 g	3,5533695 g
2.	3,5171230 g	3,5376237 g	3,5533773 g
3.	3,5171418 g	3,5376326 g	3,5533862 g
4.	3,5171563 g	3,5376412 g	3,5533947 g
5.	3,5171686 g	3,5376508 g	3,5534154 g
6.	3,5171727 g	3,5376587 g	3,5534231 g
7.	3,5171795 g	3,5376652 g	3,5534306 g
8.	3,5171842 g	3,5376743 g	3,5534412 g
9.	3,5171909 g	3,5376836 g	3,5534545 g
10.	3,5171987 g	3,5376929 g	3,5534629 g

Gewichtsdifferenz von Wägung zu Wägung:

a)	0,0000070 g	0,0000085 g	0,0000078 g
b)	0,0000088 g	0,0000089 g	0,0000089 g
c)	0,0000145 g	0,0000086 g	0,0000085 g
d)	0,0000123 g	0,0000096 g	0,0000107 g
e)	0,0000041 g	0,0000079 g	0,0000077 g
f)	0,0000068 g	0,0000065 g	0,0000075 g
g)	0,0000047 g	0,0000091 g	0,0000106 g
h)	0,0000067 g	0,0000093 g	0,0000133 g
i)	0,0000078 g	0,0000093 g	0,0000084 g

Gesamtgewichtszunahme:

I. 0,0000837 g II. 0,0000777 g III. 0,0000934 g

Durchschnittliche Gewichtszunahme:

in 63 Tagen = 0,0000849 g in 7 Tagen = 0,0000093 g

Gewichtszunahme pro Gramm und Woche:

I. 0,0000026 g II. 0,0000024 g III. 0,0000028 g

Durchschnittliche Gewichtszunahme pro Gramm und Woche:

0,0000026 g = 0,00026 %

	Oberfläche:	Gesamtgewichts-zunahme:	Gewichtszunahme pro qcm:
Kugel 1	283 qmm	0,0000837 g	0,0000295 g
Kugel 2	285 qmm	0,0000777 g	0,0000272 g
Kugel 3	285 qmm	0,0000934 g	0,0000327 g

Die durchschnittliche Gewichtszunahme pro qcm beträgt:

in 63 Tagen = 0,0000298 g in 7 Tagen = 0,0000033 g

B. Warmgewalzter polierter Draht in Natriumbicarbonat.

	I. Kugel	II. Kugel	III. Kugel
1.	3,9633968 g	4,3835212 g	4,1515476 g
2.	3,9633976 g	4,3835250 g	4,1515492 g
3.	3,9633992 g	4,3835287 g	4,1515523 g
4.	3,9634008 g	4,3835316 g	4,1515561 g
5.	3,9634021 g	4,3835352 g	4,1515597 g
6.	3,9634033 g	4,3835371 g	4,1515629 g
7.	3,9634045 g	4,3835398 g	4,1515652 g
8.	3,9634057 g	4,3835426 g	4,1515688 g
9.	3,9634069 g	4,3835449 g	4,1515718 g
10.	3,9634076 g	4,3835474 g	4,1515753 g

Gewichtsdifferenz von Wägung zu Wägung:

a)	0,0000008 g	0,0000038 g	0,0000016 g
b)	0,0000016 g	0,0000037 g	0,0000031 g
c)	0,0000016 g	0,0000029 g	0,0000038 g
d)	0,0000013 g	0,0000036 g	0,0000036 g
e)	0,0000012 g	0,0000019 g	0,0000032 g
f)	0,0000012 g	0,0000027 g	0,0000023 g
g)	0,0000012 g	0,0000028 g	0,0000036 g
h)	0,0000012 g	0,0000023 g	0,0000030 g
i)	0,0000007 g	0,0000025 g	0,0000035 g

Gesamtgewichtszunahme:

I. 0,0000108 g II. 0,0000262 g III. 0,0000277 g

Durchschnittliche Gewichtszunahme:

in 63 Tagen = 0,0000216 g in 7 Tagen = 0,0000024 g

Gewichtszunahme pro Gramm und Woche:

I. 0,0000006 g II. 0,0000005 g III. 0,0000006 g

Durchschnittliche Gewichtszunahme pro Gramm und Woche:

0,0000006 g = 0,00006 %

	Oberfläche:	Gesamtgewichts-zunahme:	Gewichtszunahme pro qcm:
Kugel 1	298 qmm	0,0000108 g	0,0000036 g
Kugel 2	319 qmm	0,0000262 g	0,0000082 g
Kugel 3	305 qmm	0,0000277 g	0,0000091 g

Die durchschnittliche Gewichtszunahme pro qcm beträgt:

in 63 Tagen = 0,0000069 g in 7 Tagen = 0,0000008 g

C. Poliertes Wipla-Blech in Natriumbicarbonat.

	I. Blech	II. Blech	III. Blech
1.	0,4855066 g	0,4854587 g	0,4881210 g
2.	0,4855130 g	0,4854623 g	0,4881275 g
3.	0,4855245 g	0,4854671 g	0,4881332 g
4.	0,4855367 g	0,4854714 g	0,4881376 g
5.	0,4855443 g	0,4854767 g	0,4881416 g
6.	0,4855551 g	0,4854798 g	0,4881481 g
7.	0,4855647 g	0,4854846 g	0,4881537 g
8.	0,4855725 g	0,4854878 g	0,4881590 g
9.	0,4855810 g	0,4854916 g	0,4881633 g
10.	0,4855936 g	0,4854960 g	0,4881689 g

Gewichtsdifferenz von Wägung zu Wägung:

a)	0,0000064 g	0,0000036 g	0,0000065 g
b)	0,0000115 g	0,0000048 g	0,0000057 g
c)	0,0000122 g	0,0000043 g	0,0000044 g
d)	0,0000076 g	0,0000053 g	0,0000040 g
e)	0,0000108 g	0,0000030 g	0,0000065 g
f)	0,0000096 g	0,0000048 g	0,0000056 g
g)	0,0000088 g	0,0000032 g	0,0000053 g
h)	0,0000075 g	0,0000038 g	0,0000043 g
i)	0,0000126 g	0,0000044 g	0,0000056 g

Gesamtgewichtszunahme:

I. 0,0000870 g II. 0,0000373 g III. 0,0000479 g

Durchschnittliche Gewichtszunahme:

in 63 Tagen = 0,0000574 g in 7 Tagen = 0,0000064 g

Gewichtszunahme pro Gramm und Woche:

I. 0,0000132 g II. 0,0000132 g III. 0,0000131 g

Durchschnittliche Gewichtszunahme pro Gramm und Woche:

0,0000131 g = 0,00131 %

	Oberfläche:	Gesamtgewichts-zunahme:	Gewichtszunahme pro qcm:
Blech 1	316 qmm	0,0000870 g	0,0000027 g
Blech 2	316 qmm	0,0000373 g	0,0000012 g
Blech 3	316 qmm	0,0000479 g	0,0000015 g

Die durchschnittliche Gewichtszunahme pro qcm beträgt:

in 63 Tagen = 0,0000018 g in 7 Tagen = 0,0000002 g

D. Rohe Gußkugeln in Natriumbicarbonat.

	I. Kugel	II. Kugel	III. Kugel
1.	3,2461205 g	3,5431372 g	3,4985807 g
2.	3,2461436 g	3,5431372 g	3,4985913 g
3.	3,2461568 g	3,5431712 g	3,4986091 g
4.	3,2461682 g	3,5431874 g	3,4986243 g
5.	3,2461791 g	3,5431987 g	3,4986392 g
6.	3,2461878 g	3,5432128 g	3,4986537 g
7.	3,2461968 g	3,5432282 g	3,4986537 g
8.	3,2462092 g	3,5432440 g	3,4986688 g
9.	3,2462204 g	3,5432617 g	3,4986943 g
10.	3,2462320 g	3,5432877 g	3,4987104 g

Gewichtsdifferenz von Wägung zu Wägung:

a)	0,0000231 g	0,0000188 g	0,0000106 g
b)	0,0000132 g	0,0000153 g	0,0000178 g
c)	0,0000114 g	0,0000162 g	0,0000152 g
d)	0,0000109 g	0,0000113 g	0,0000149 g
e)	0,0000087 g	0,0000141 g	0,0000145 g
f)	0,0000090 g	0,0000154 g	0,0000151 g
g)	0,0000124 g	0,0000158 g	0,0000166 g
h)	0,0000112 g	0,0000177 g	0,0000089 g
i)	0,0000116 g	0,0000170 g	0,0000161 g

Gesamtgewichtszunahme:

I. 0,0001115 g II. 0,0001415 g III. 0,0001297 g

Durchschnittliche Gewichtszunahme:

in 63 Tagen = 0,0001276 g in 7 Tagen = 0,0000182 g

Gewichtszunahme pro Gramm und Woche:

I. 0,0000056 g II. 0,0000051 g III. 0,0000052 g

Durchschnittliche Gewichtszunahme pro Gramm und Woche:

0,0000053 g = 0,00053 %

	Oberfläche:	Gesamtgewichts-zunahme:	Gewichtszunahme pro qcm:
Kugel 1	266 qmm	0,0001115 g	0,0000419 g
Kugel 2	284 qmm	0,0001415 g	0,0000498 g
Kugel 3	282 qmm	0,0001297 g	0,0000461 g

Die durchschnittliche Gewichtszunahme pro qcm beträgt:

in 63 Tagen = 0,0000459 g in 7 Tagen = 0,0000051 g

E. Rohes Wipla-Blech in Natriumbicarbonat.

	I. Kugel	II. Kugel	III. Kugel
1.	0,4734029 g	0,4432613 g	0,4780204 g
2.	0,4734346 g	0,4432685 g	0,4780308 g
3.	0,4734482 g	0,4432768 g	0,4780584 g
4.	0,4734545 g	0,4432782 g	0,4780596 g
5.	0,4734590 g	0,4432815 g	0,4780610 g
6.	0,4734796 g	0,4432841 g	0,4780725 g
7.	0,4734903 g	0,4432870 g	0,4780840 g
8.	0,4735012 g	0,4432892 g	0,4780886 g
9.	0,4735146 g	0,4432916 g	0,4780924 g
10.	0,4735325 g	0,4432964 g	0,4780950 g

Gewichtsdifferenz von Wägung zu Wägung:

a)	0,0000317 g	0,0000072 g	0,0000104 g
b)	0,0000135 g	0,0000083 g	0,0000276 g
c)	0,0000063 g	0,0000014 g	0,0000012 g
d)	0,0000045 g	0,0000033 g	0,0000014 g
e)	0,0000206 g	0,0000026 g	0,0000115 g
f)	0,0000107 g	0,0000029 g	0,0000115 g
g)	0,0000109 g	0,0000022 g	0,0000046 g
h)	0,0000134 g	0,0000024 g	0,0000038 g
i)	0,0000179 g	0,0000048 g	0,0000026 g

Gesamtgewichtszunahme:

I. 0,0001296 g II. 0,0000351 g III. 0,0000746 g

Durchschnittliche Gewichtszunahme:

in 63 Tagen = 0,0000798 g in 7 Tagen = 0,0000089 g

Gewichtszunahme pro Gramm und Woche:

I. 0,0000189 g II. 0,0000202 g III. 0,0000185 g

Durchschnittliche Gewichtszunahme pro Gramm und Woche:

0,0000192 g = 0,00192 %

	Oberfläche:	Gesamtgewichts-zunahme:	Gewichtszunahme pro qcm:
Blech 1	316 qmm	0,0001296 g	0,0000410 g
Blech 2	315 qmm	0,0000351 g	0,0000111 g
Blech 3	316 qmm	0,0000746 g	0,0000236 g

Die durchschnittliche Gewichtszunahme pro qcm beträgt:

in 63 Tagen = 0,0000252 g in 7 Tagen = 0,0000028 g

Dritte Versuchsreihe.

(1% acid. lact. und 0,25% NaCl.)

A. Polierte Gußkugeln in acid. lact. und NaCl.

	I. Kugel	II. Kugel	III. Kugel
1.	3,5211270 g	3,7010274 g	3,5881485 g
2.	3,5211395 g	3,7010387 g	3,5881560 g
3.	3,5211532 g	3,7010526 g	3,5881700 g
4.	3,5211681 g	3,7010687 g	3,5881824 g
5.	3,5211803 g	3,7010835 g	3,5881987 g
6.	3,5211937 g	3,7010971 g	3,5882112 g
7.	3,5212086 g	3,7011088 g	3,5882204 g
8.	3,5212218 g	3,7011224 g	3,5882349 g
9.	3,5212372 g	3,7011380 g	3,5882526 g
10.	3,5212522 g	3,7011529 g	3,5882643 g

Gewichtsdifferenz von Wägung zu Wägung:

a)	0,0000124 g	0,0000113 g	0,0000075 g
b)	0,0000138 g	0,0000139 g	0,0000140 g
c)	0,0000149 g	0,0000161 g	0,0000124 g
d)	0,0000122 g	0,0000148 g	0,0000163 g
e)	0,0000134 g	0,0000136 g	0,0000125 g
f)	0,0000149 g	0,0000117 g	0,0000092 g
g)	0,0000132 g	0,0000136 g	0,0000145 g
h)	0,0000154 g	0,0000156 g	0,0000177 g
i)	0,0000150 g	0,0000149 g	0,0000117 g

Gesamtgewichtszunahme:

I. 0,0001252 g II. 0,0001254 g III. 0,0001158 g

Durchschnittliche Gewichtszunahme:

in 63 Tagen = 0,0001221 g in 7 Tagen = 0,0000136 g

Gewichtszunahme pro Gramm und Woche:

I. 0,0000039 g II. 0,0000037 g III. 0,0000038 g

Durchschnittliche Gewichtszunahme pro Gramm und Woche:

0,0000038 g = 0,00038%

	Oberfläche:	Gesamtgewichts-zunahme:	Gewichtszunahme pro qcm:
Kugel 1	284 qmm	0,0001252 g	0,0000441 g
Kugel 2	290 qmm	0,0001254 g	0,0000431 g
Kugel 3	288 qmm	0,0001158 g	0,0000402 g

Die durchschnittliche Gewichtszunahme pro qcm beträgt:

in 63 Tagen = 0,0000425 g in 7 Tagen = 0,0000047 g

B. Warmgewalzter polierter Draht in acid. lact. und NaCl.

	I. Kugel	II. Kugel	III. Kugel
1.	4,1643655 g	4,3023700 g	4,1253165 g
2.	4,1643669 g	4,3023715 g	4,1253244 g
3.	4,1643745 g	4,3023733 g	4,1253297 g
4.	4,1643796 g	4,3023745 g	4,1253337 g
5.	4,1643842 g	4,3023754 g	4,1253369 g
6.	4,1643881 g	4,3023763 g	4,1253412 g
7.	4,1643915 g	4,3023776 g	4,1253437 g
8.	4,1643932 g	4,3023783 g	4,1253472 g
9.	4,1643956 g	4,3023791 g	4,1253489 g
10.	4,1645987 g	4,3023797 g	4,1253525 g

Gewichtsdifferenz von Wägung zu Wägung:

a)	0,0000014 g	0,0000015 g	0,0000079 g
b)	0,0000076 g	0,0000018 g	0,0000053 g
c)	0,0000051 g	0,0000012 g	0,0000040 g
d)	0,0000046 g	0,0000009 g	0,0000032 g
e)	0,0000039 g	0,0000009 g	0,0000043 g
f)	0,0000034 g	0,0000013 g	0,0000025 g
g)	0,0000017 g	0,0000007 g	0,0000035 g
h)	0,0000024 g	0,0000008 g	0,0000017 g
i)	0,0000031 g	0,0000006 g	0,0000036 g

Gesamtgewichtszunahme:

I. 0,0000332 g II. 0,0000097 g III. 0,0000360 g

Durchschnittliche Gewichtszunahme:

in 63 Tagen = 0,0000263 g in 7 Tagen = 0,0000029 g

Gewichtszunahme pro Gramm und Woche:

I. 0,0000007 g II. 0,0000007 g III. 0,0000007 g

Durchschnittliche Gewichtszunahme pro Gramm und Woche:

0,0000007 g = 0,00007 %

	Oberfläche:	Gesamtgewichts-zunahme:	Gewichtszunahme pro qcm:
Kugel 1	306 qmm	0,0000332 g	0,0000108 g
Kugel 2	314 qmm	0,0000097 g	0,0000031 g
Kugel 3	304 qmm	0,0000360 g	0,0000118 g

Die durchschnittliche Gewichtszunahme pro qcm beträgt:

in 63 Tagen = 0,0000086 g in 7 Tagen = 0,0000009 g

C. Poliertes Wipla-Blech in acid. lact. und NaCl.

	I. Blech	II. Blech	III. Blech
1.	0,4874042 g	0,4875226 g	0,4921583 g
2.	0,4874156 g	0,4875256 g	0,4921621 g
3.	0,4874280 g	0,4875289 g	0,4921646 g
4.	0,4874395 g	0,4875321 g	0,4921671 g
5.	0,4874463 g	0,4875344 g	0,4921694 g
6.	0,4874510 g	0,4875372 g	0,4921710 g
7.	0,4874577 g	0,4875384 g	0,4921733 g
8.	0,4874603 g	0,4875409 g	0,4921755 g
9.	0,4874642 g	0,4875428 g	0,4921773 g
10.	0,4874689 g	0,4875443 g	0,4921797 g

Gewichtsdifferenz von Wägung zu Wägung:

a)	0,0000114 g	0,0000030 g	0,0000038 g
b)	0,0000124 g	0,0000033 g	0,0000025 g
c)	0,0000114 g	0,0000032 g	0,0000025 g
d)	0,0000069 g	0,0000023 g	0,0000023 g
e)	0,0000047 g	0,0000028 g	0,0000016 g
f)	0,0000067 g	0,0000012 g	0,0000023 g
g)	0,0000026 g	0,0000025 g	0,0000022 g
h)	0,0000039 g	0,0000019 g	0,0000018 g
i)	0,0000047 g	0,0000015 g	0,0000024 g

Gesamtgewichtszunahme:

I. 0,0000647 g II. 0,0000217 g III. 0,0000214 g

Durchschnittliche Gewichtszunahme:

in 63 Tagen = 0,0000359 g in 7 Tagen = 0,0000040 g

Gewichtszunahme pro Gramm und Woche:

I. 0,0000082 g II. 0,0000082 g III. 0,0000081 g

Durchschnittliche Gewichtszunahme pro Gramm und Woche:

0,0000082 g = 0,00082 %

	Oberfläche:	Gesamtgewichts-zunahme:	Gewichtszunahme pro qcm:
Blech 1	316 qmm	0,0000647 g	0,0000205 g
Blech 2	316 qmm	0,0000217 g	0,0000069 g
Blech 3	317 qmm	0,0000214 g	0,0000067 g

Die durchschnittliche Gewichtszunahme pro qcm beträgt:

in 63 Tagen = 0,0000113 g in 7 Tagen = 0,0000012 g

D. Rohe Wipla-Gußkugeln in acid. lact. und NaCl.

	I. Kugel	II. Kugel	III. Kugel
1.	3,1721385 g	3,2310310 g	3,5902760 g
2.	3,1721495 g	3,2310492 g	3,5902911 g
3.	3,1721627 g	3,2310631 g	3,5903112 g
4.	3,1721768 g	3,2310775 g	3,5903273 g
5.	3,1721895 g	3,2310892 g	3,5903416 g
6.	3,1721982 g	3,2310978 g	3,5903581 g
7.	3,1722114 g	3,2311106 g	3,5903703 g
8.	3,1722276 g	3,2311278 g	3,5903846 g
9.	3,1722412 g	3,2311423 g	3,5903903 g
10.	3,1722581 g	3,2311590 g	3,5903997 g

Gewichtsdifferenz von Wägung zu Wägung:

a)	0,0000110 g	0,0000182 g	0,0000151 g
b)	0,0000132 g	0,0000139 g	0,0000201 g
c)	0,0000141 g	0,0000144 g	0,0000161 g
d)	0,0000127 g	0,0000117 g	0,0000143 g
e)	0,0000087 g	0,0000086 g	0,0000165 g
f)	0,0000132 g	0,0000128 g	0,0000122 g
g)	0,0000162 g	0,0000172 g	0,0000143 g
h)	0,0000136 g	0,0000145 g	0,0000057 g
i)	0,0000169 g	0,0000167 g	0,0000094 g

Gesamtgewichtszunahme:

I. 0,0001196 g II. 0,0001280 g III. 0,0001237 g

Durchschnittliche Gewichtszunahme:

in 63 Tagen = 0,0001263 g in 7 Tagen = 0,0000177 g

Gewichtszunahme pro Gramm und Woche:

I. 0,0000056 g II. 0,0000055 g III. 0,0000049 g

Durchschnittliche Gewichtszunahme pro Gramm und Woche:

0,0000053 g = 0,00053 %

	Oberfläche:	Gesamtgewichts-zunahme:	Gewichtszunahme pro qcm:
Kugel 1	262 qmm	0,0001196 g	0,0000458 g
Kugel 2	265 qmm	0,0001280 g	0,0000483 g
Kugel 3	286 qmm	0,0001237 g	0,0000432 g

Die durchschnittliche Gewichtszunahme pro qcm beträgt:

in 63 Tagen = 0,0000458 g in 7 Tagen = 0,0000051 g

E. Rohes Wipla-Blech in acid. lact. und NaCl.

	I. Blech	II. Blech	III. Blech
1.	0,4680190 g	0,4514450 g	0,4492275 g
2.	0,4680276 g	0,4514540 g	0,4492389 g
3.	0,4680381 g	0,4514631 g	0,4492476 g
4.	0,4680495 g	0,4514712 g	0,4492581 g
5.	0,4680578 g	0,4514831 g	0,4492679 g
6.	0,4680687 g	0,4514946 g	0,4492766 g
7.	0,4680763 g	0,4515032 g	0,4492852 g
8.	0,4680851 g	0,4515096 g	0,4492943 g
9.	0,4680927 g	0,4515154 g	0,4493034 g
10.	0,4680990 g	0,4515223 g	0,4493126 g

Gewichtsdifferenz von Wägung zu Wägung:

a)	0,0000086 g	0,0000090 g	0,0000114 g
b)	0,0000105 g	0,0000091 g	0,0000087 g
c)	0,0000114 g	0,0000081 g	0,0000105 g
d)	0,0000083 g	0,0000119 g	0,0000098 g
e)	0,0000109 g	0,0000115 g	0,0000087 g
f)	0,0000076 g	0,0000086 g	0,0000086 g
g)	0,0000088 g	0,0000065 g	0,0000091 g
h)	0,0000076 g	0,0000058 g	0,0000091 g
i)	0,0000063 g	0,0000069 g	0,0000092 g

Gesamtgewichtszunahme:

I. 0,0000800 g II. 0,0000773 g III. 0,0000851 g

Durchschnittliche Gewichtszunahme:

in 63 Tagen = 0,0000808 g in 7 Tagen = 0,0000090 g

Gewichtszunahme pro Gramm und Woche:

I. 0,0000019 g II. 0,0000020 g III. 0,0000020 g

Durchschnittliche Gewichtszunahme pro Gramm und Woche:

0,0000020 g = 0,00020 %

	Oberfläche:	Gesamtgewichts-zunahme:	Gewichtszunahme pro qcm:
Blech 1	316 qmm	0,0000800 g	0,0000278 g
Blech 2	315 qmm	0,0000773 g	0,0000246 g
Blech 3	315 qmm	0,0000851 g	0,0000270 g

Die durchschnittliche Gewichtszunahme pro qcm beträgt:

in 63 Tagen = 0,0000297 g in 7 Tagen = 0,0000033 g

Zusammenfassung der Versuchsergebnisse.

Überblicken wir die Ergebnisse sämtlicher Versuche, eine Tabelle mag dieses veranschaulichen, so kommen wir zu folgendem Schluß:

Gewichtszunahme in 63 Tagen pro qcm.

Versuchsmaterial	1% acid. lact.	0,5% Natriumbicarbonat	1% acid. lact. und 0,25 NaCl.
Gegossene polierte Kugel	0,0001398 g	0,0000298 g	0,0000425 g.
Warmgewalzte pol. Kugel	0,0000316 g	0,0000069 g	0,0000086 g
Poliertes Blech	0,0000215 g	0,0000018 g	0,0000113 g
Roher Guß	0,0001832 g	0,0000459 g	0,0000458 g
Rohes Blech	0,0000349 g	0,0000252 g	0,0000297 g

I. Das gegossene Metall korrodiert am stärksten. Das warmgewalzte Metall unterliegt am wenigsten der Korrosion. Das kaltgewalzte Blech nimmt eine Mittelstellung ein.

II. Die Korrosion ist am stärksten bei rohem, am schwächsten bei poliertem Material.

III. Die größte Gewichtszunahme zeigten alle Metalle in 1% acid. lact., die geringste in Natriumbicarbonat.

Die Gewichtszunahme ist auf Oxydationsvorgänge zurückzuführen. Verfärbungen der Lösungen, sowie Niederschläge auf den Metallen waren nicht festzustellen. Ebenso wenig werden sich die Niederschläge, bedingt durch die Gewichtszunahme, im Munde feststellen lassen, weil diese durch den Kauakt beseitigt werden.

Die Auswertung der Ergebnisse zeigt weiter, daß gerade der Guß mit besonderer Vorsicht zu behandeln ist; birgt er doch eine Anzahl Fehlerquellen in sich. Während die Metalle bei einer bestimmten Temperatur fließen, fließen die Legierungen in einem Intervall. Der nichtrostende Stahl fließt bei einer Temperatur von ca. 1260 Grad, das bedeutet, er fängt bei etwa 1200 Grad an zu fließen und erst bei etwa 1260 Grad ist er restlos flüssig. Lassen wir diese Schmelze erkalten, so bilden sich bei 1260 Grad die ersten festen Kristalle, die in der Restschmelze umherschwimmen; der Rest der Schmelze erstarrt erst vollständig bei 1200 Grad. Betrachtet man Schliffbilder solcher Güsse, so stellt man fest, daß die einzelnen Kristallite in sich vollständig inhomogen sind. Wird dieser Guß bei 1160 Grad geglüht, so gleichen sich diese

Inhomogenitäten aus und es entsteht ein völlig homogenes Gefüge. Geschieht diese nachträgliche Glühbehandlung nicht, so resultieren, wie ich aus eigenen Untersuchungen berichten kann, Korrosionswerte, die einer Gewichtszunahme von 0,00045 g = 0,045% pro Gramm und Woche entsprechen.

Ferner zeigten sich bei diesem nichtgeglühten Material deutliche milchige Niederschläge. Treten also Verfärbungen auf, so sind sie nur auf unsachgemäße Behandlung des Metalls zurückzuführen.

Die Ergebnisse meiner Versuche zeigen weiter, daß gute Politur der beste Schutz gegen Korrosion ist. Gußlegierungen neigen zu Porenbildung (Lunker), ferner entstehen bei der Verarbeitung des Gusses Rillen und feine Löcher. Da diese eine Vergrößerung der der Korrosion ausgesetzten Fläche bedeuten, müssen sie durch gute Politur beseitigt werden. Auffallend ist die geringe Korrosion des kalt- und noch mehr die des warmgewalzten Wiplas. Die Betrachtung der Schliffbilder des gegossenen Metalls ergab zwar eine gewisse Homogenität, jedoch ziemliche Grobkörnigkeit.

Wird ein solches Gußstück nun bearbeitet, sei es durch Walzen, durch Schmieden oder Pressen, so tritt eine Verformung des Kristallgefüges ein. Die einzelnen Kristallite werden zertrümmert, bei Kaltbearbeitung weniger als bei Warmbearbeitung (größere Beweglichkeit der Moleküle). Bei der nachträglichen Glühbehandlung erhält man dann ein Gefüge, das gegenüber dem des Ursprungmetalls weitaus feinkörniger, homogener ist. Es ist daher verständlich, wenn gewalztes Material infolge seiner Homogenität geringere Korrosionswerte ergibt.

Vergleiche über meine Korrosionswerte des Wipla mit solchen von Messinglegierungen, wie Randolf, Kosmos und ähnlichen Legierungen, anzustellen erscheint uns unnötig; die Unbrauchbarkeit dieser Metalle ist durch die Ausschaltung aus der Praxis ohnehin bewiesen.

Die Frage nach der „praktischen" Widerstandsfähigkeit des Wiplas gegenüber dem Angriff von Mundflüssigkeit kann man unbedingt bejahen. Die gefundenen Korrosionswerte sind so gering, daß sie „praktisch" vernachlässigt werden können. Wir besitzen in dem nichtrostenden Stahl „Wipla" einen Werkstoff, der als einzige unedle, korrosionsfeste Legierung in neuester Zeit zweifelsohne Bedeutung sich verschafft hat.

Literatur.

1. Choulant: Spezialgolde, Spargolde, rostfreier Stahl. Dtsch. Zahnärztl. Wochenschr. 35/27.
2. Grundel: Untersuchungen über Korrosionsfestigkeit und Farbbeständigkeit der Pallad.-Silberlegierung „Palliag". Diss. Kiel 1934.
3. Hauptmeyer: Wesentliches und Neues von den mundbeständigen Nichtedelmetallegierungen „Wipla" und „Vitallium". Dtsch. Zahnärztliche Wochenschr. 35, 26/27 und Dtsch. Zahnärztl. Wochenschr. 20/23.
4. Schoenbeck: Kurzer Leitfaden der zahnärztlichen Metallkunde. 29.
5. Tholuck: Entstehung und Wirkung elektrischer Ströme im Munde. Z.R. 1925, 22.
6. Wannemacher: Über die Verwendungsmöglichkeit einiger Metalle und Legierungen zur Herstellung von Zahnersatz, unter besonderer Berücksichtigung ihrer Korrosion. (Zeitschr. f. z. Materialkunde u. Metallurg. Jahrg. I., 1925, Heft 2/3.
7. Weckel: Korrosionsversuche über Contracid. Diss. Göttingen 1933.
8. Weikart: Praktk. d. zahnärztl. Materialkunde, Berlin 1929 und Dtsch. Zahnhkd. in Vorträgen. H. 45, Leipzig 1921.
9. Weyland: Über die Beziehungen des inneren Aufbaues von Legierungen zu ihrem Verhalten gegen Elektrolyte. Dtsch. Monatsschr. f. Zahnheilk. Berlin 1919, H. 6.

Lebenslauf.

Am 4. September 1911 wurde ich in Essen a. d. R. als Sohn des Drehers Gustav Stahl geboren. Ich legte 1929 an der Krupp'schen Oberrealschule zu Essen die Reifeprüfung ab. Darauf begann ich in Göttingen mit dem Studium der Zahnheilkunde; ich bestand im Mai 1933 dort das zahnärztliche Staatsexamen. Nach eineinhalbjähriger Assistentenzeit ließ ich mich im Oktober 1934 in Beverungen als praktischer Zahnarzt nieder.